

AP20 Rec'd PCT/PTO 21 JUL 2006

明 細 書

断層撮影装置および方法

技術分野

- [0001] 本発明は、被検体に対し周回方向及び体軸方向に相対的に移動可能に構成された放射線源及び放射線検出器から得られた投影データから被検体の高精細な断層撮影像を生成する断層撮影装置および方法に関する。

背景技術

- [0002] 近年、周回軸方向に複数の検出器列を配置した多列検出器型X線コンピュータ断層撮影装置(Multi Detector Row Computer Tomography,以下MDCTと称す)が登場した。このMDCTは、周回軸方向に単一の検出器を配置した単一系列検出器型X線コンピュータ断層撮影装置(Single Detector Row Computer Tomography,以下SDCTと称す)に比べ、周回軸方向に検出素子列を複数配列したことによって幅の広い検出器を具備することができるので、一度に広範囲の撮影領域をカバーすることができる。また、MDCTは、より速い速度で被検体を相対移動させることにより、撮影時間を短縮でき、呼吸などの体動に起因する体動アーチファクトを低減することができ、周回軸方向の分解能を大幅に向上させることが可能である。図1は、単一系列検出器型X線コンピュータ断層撮影装置(SDCT)と多列検出器型X線コンピュータ断層撮影装置(MDCT)との基本的な構成の違いを示す図である。SDCTは、図1(A)に示すように1個のX線源10に対して単一系列のX線検出器11を備え、MDCTは、図1(B)に示すように1個のX線源10に対して複数列(図では8列)のX線検出器12を備えている。

- [0003] このMDCTの場合は、X線検出器列毎に周回軸方向に異なる傾斜角度を有することになるので、その投影データの次元もチャンネル、列、傾斜角度と、増加し、画像再構成法も複雑、多様化しているのが現状である。そこで、SDCTで使用されている重み付け螺旋補正逆投影法を改良した高速演算の必要なMDCT用重み付け螺旋補正逆投影法(二次元再構成法)をはじめとして、より精度の要求される場合の再構成アルゴリズムとして三次元ラドン変換法や三次元逆投影法(三次元再構成法)などの

様々な画像再構成アルゴリズムが提案されている。

- [0004] これら画像再構成法のうち、二次元画像再構成法である重み付け螺旋補正逆投影法では、画像1スライス当りの再構成時間が数秒から数十秒程度と高速である。実際の装置では専用のハードウェア(DSPボードやASIC)を用いることにより画像1スライス当り0.2〜0.5秒程度で画像再構成が可能である。また、複数列の検出器から1列分の投影データを生成し、二次元逆投影するために必要なメモリ量はSDCTと同程度であり、コスト的にも十分満足できるものである。従って、2列、4列などの検出器列を備えたMDCTでは、この改良された二次元再構成法が一般的に使用されている。
- [0005] しかしながら、重み付け螺旋補正逆投影法では、X線の周回方向へのビーム傾斜(コーン角)を無視したアルゴリズムとなっているため、16列以上の検出器を備えたMDCT等では、このコーン角の影響によって画質が著しく劣化し断層撮影装置の診断精度を低下させている。このために、コーン角の影響の比較的少ない2〜8列程度の検出器を備えたMDCTに重み付け螺旋補正逆投影法の使用が限定されている。
- [0006] 最近では、検出器列数が多くなり、広いコーン角を有するMDCTにおける高精度な画像再構成法の研究が広く行われている。そのうち、三次元ラドン変換法は、厳密な画像再構成法であるが演算時間が画像1スライス当り数十分から数時間という膨大な時間を要するために実用には至っていない。
- [0007] これに対し、三次元逆投影法は、近似的な画像再構成法ではあるがコーン角を考慮した比較的高精度な画像再構成法であり、演算が画像1スライス当り数分から数十分程度であり、専用のハードウェアを用いることによってもっと高速に演算することが可能であり、比較的高速でありかつ実用的である。そのため、この三次元逆投影法を搭載したMDCTの実現に向けて開発が進められている。
- [0008] コーン角を正確に扱う高精度な三次元逆投影法による画像再構成法の問題点の1つは、従来のSDCTで用いられていた二次元逆投影法と比較して画像再構成演算時に要するメモリ量が大幅に増大することである。ここで、逆投影演算器では、逆投影に必要なデータ(投影データ)をハードディスクから読み出し、高速メモリ(例えば、キャッシュメモリ)に格納し、高速メモリ内のデータにより逆投影処理を実行している。この時処理データ量が大きい場合には、データの一部は低速な大容量メモリ(例え

ば、DRAM)に格納され、演算に必要なデータが高速メモリ内に存在しない場合には、低速メモリから逐次読み出され、高速メモリ内のデータが更新され、この更新後に処理が行われている。一般に、高速メモリは高価であるため、安価な低速メモリよりも比較的少ない容量を備えた場合がほとんどである。

[0009] 逆投影処理のために必要なメモリ量(処理データ量)について検討すると、二次元逆投影法による重み付け螺旋補正逆投影法では複数の検出データから補間により1列分の螺旋補正投影データを生成する。逆投影処理は、ビュー毎に行われるため、必要なメモリ量(処理データ量)は1ビュー分である。つまり、1回(1ビュー分)の逆投影に必要なメモリ量は1列分×チャンネル数分である。例えば、チャンネル数が1000[ch]とすると約2[Kbyte]($=1000[\text{ch}] \times 1[\text{row}] \times 2[\text{byte}]$)のメモリ量が必要である。一方、三次元ラドン変換法や三次元逆投影法では、複数列の検出器データをそのまま扱う必要があるので、1回(1ビュー分)の逆投影処理に必要なメモリ量は、検出器列数に比例して増加し、例えば、128列の検出器を有するMDCTの場合、重み付け螺旋補正逆投影法における必要メモリ量の128倍、約256[Kbyte]となる。

[0010] このように、必要なメモリ量(処理データ量)が増加することによって、演算器内部の高速メモリ内にデータを格納することができなくなり、演算器外部に接続された低速メモリに処理データを一時的に記憶しておき、必要に応じて順次入れ替えながら処理を行うという、メモリのスワップが必要となってくる。この場合、処理速度は、高速メモリと低速メモリ間のデータ伝送速度に依存し、伝送速度以上の演算速度を得ることはできず、演算時間の遅延を引き起こしていた。また、専用のハードウェアを作成した場合でも、同様のデータ伝送速度に依存した遅延が生じる。このように伝送速度以上の演算速度を得るためには、高価な高速メモリの容量を増加することであるが、これは大幅なコストの増大につながり、好ましくなかった。

[0011] コーン角を正確に扱う高精度な画像再構成法のもう一つの問題点は、従来のSDCTで用いられていた二次元逆投影法と比較して演算時間が増大することである。これまでSDCTや4列のMDCTで用いられてきた二次元逆投影法では、螺旋軌道撮影データに対して重み付けによって螺旋補正した単一系列の仮想円軌道撮影データから逆投影を行うため、検出器の列方向のアドレス計算は不要であった。これに対し、三

次元逆投影法では、複数列の検出器データにアクセスするために次式に示すような複雑な演算によって、チャンネル方向及び列方向の検出器アドレスを算出(アドレッシング)する必要がある。なお、本発明の三次元逆投影法に適用されるアドレッシングの演算式は次式(1)～(6)に限定されるものではなく、いろいろな演算式が適用可能である。

$$t_1(x_1, y_1, \phi) = x_1 \cdot \cos \phi + y_1 \cdot \sin \phi \quad \dots (1)$$

$$v_1(x_1, y_1, z_1, \phi) = \frac{(z_1 - z_s(x_1, y_1, \phi)) \cdot \text{SID}}{L(x_1, y_1, \phi)} \quad \dots (2)$$

$$z_s(x_1, y_1, \phi) = \frac{T \cdot [\phi + \arcsin \{ \frac{t_1(x_1, y_1, \phi)}{\text{SOD}} \}]}{2 \pi} + z_{so} \quad \dots (3)$$

$$L(x_1, y_1, \phi) = D(x_1, y_1, \phi) + w_1(x_1, y_1, \phi) \quad \dots (4)$$

$$D(x_1, y_1, \phi) = \sqrt{\text{SOD}^2 - t_1^2} \quad \dots (5)$$

$$w_1(x_1, y_1, \phi) = -x_1 \cdot \sin \phi + y_1 \cdot \cos \phi \quad \dots (6)$$

[0012] ここで、 x_1, y_1, z_1 は、画像再構成領域中のボクセルIの座標位置、 Φ はパラレルビームの周回位置、 w, t, v は検出器の座標軸で、 w はパラレルビームの進行方向の軸を、 t はこの進行方向に垂直な方向(パラレルビームのチャンネル方向)の軸を、 v は検出器の周回軸方向の軸を表わしている。 w_1, t_1, v_1 は、 Φ 位相のパラレルビームが座標位置 (x_1, y_1) を通過する時の w, t, v 軸上の座標位置を表わしている。SIDは放射線源と検出器間の距離を、SODは、放射線源と回転中心間の距離を表わしている。 Z_s は、放射線源のZ軸方向位置を、 Z_{so} は、放射線源の周回位相が0の時の Z_s の位置を表わしている。

[0013] 図2は、単一列検出器型X線コンピュータ断層撮影装置(SDCT)の画像再構成法の概念を説明する図である。図3は、多列検出器X線コンピュータ断層撮影装置(M

DCT)の画像再構成法の概念を説明する図である。図3に示すMDCTの画像再構成法における演算では、再構成画像30のx,y 方向のアドレスはチャンネル方向に線形、列方向には非線型に変化する。一方、図2に示すSDCTの画像再構成法における演算では、再構成画像20のx,y 方向の線形的な変化に対し、対応する検出器アドレスもチャンネル方向に線形に変化する。このように三次元逆投影法では、図2に示すような従来の画像再構成法と比較して、アドレッシングが二次元であること、そしてそのアドレッシングが複雑であることに起因して、逆投影演算に必要なデータ処理に大幅な遅延を伴うという欠点を有する。特に、三次元逆投影法における列方向のアドレッシングは非常に複雑な非線形関数となり、数式変形による簡略化が困難であることもデータ処理遅延の大きな原因である。

[0014] このような問題点の解決を念頭に置いた断層撮影装置は、例えば、特開2003-24326号公報に開示されている。ここでは、被検体の関心領域に仮想的に設定される2次元または3次元の断層再構成領域に逆投影する逆投影演算(断層再構成計算)を、その断層再構成領域を分割した分割領域毎にコンピュータに実行させることにより、断層再構成計算をキャッシュサイズを考慮した最適な領域(分割領域)毎に順番に行うことを可能とし、その結果、キャッシュメモリ内のデータ再利用率を増加させ、メモリとのデータアクセスを減少させ、断層再構成のためのデータ転送時間合計を短縮し、断層再構成計算時間を短縮した断層撮影装置が開示されている。

[0015] しかしながら、特開2003-24326号公報のように、高速なキャッシュメモリに格納された分割断層再構成領域に逆投影するために、投影データを全てキャッシュメモリに格納することは高速メモリ量の増大につながり装置のコスト上好ましくない。さらに、検出器列の数の増加が著しいMDCTの場合には、処理すべき投影データ量が膨大となることが問題であり、このことは高速メモリ量の顕著な増加を招くものであり、演算コストの低減、高速化を阻害していた。

本発明の目的は、高速メモリの容量増大を抑え、大幅な演算コストの増加を伴わない、高画質な断層撮影像を高速に生成可能な断層撮影装置および方法を提供することである。

発明の開示

[0016] 本発明に係る断層撮影装置の1つの特徴は、被検体を透過した透過線を二次元的に配列された検出手段で検出し、検出された投影データから前記被検体の関心領域の三次元断層撮影像を作成する断層撮影装置において、前記被検体における画像再構成領域を複数の画像データセグメント領域に分割し、さらに前記検出手段で検出された前記投影データの中から前記画像データセグメント領域に逆投影するために必要な投影データセグメント領域を抽出し、前記抽出した投影データセグメント領域を用いて前記画像データセグメント領域毎に三次元逆投影算処理を実行する処理手段を備えたことである。

本発明に係る断層撮影装置は、逆投影処理に必要な高速メモリ量を低減するため、画像再構成領域の中を複数の小領域(画像データセグメント領域)に分割し、撮影により得られた投影データの中から分割した画像データセグメント領域毎に逆投影演算処理で必要な最小限の投影データセグメント領域を抽出し、抽出された投影データセグメント領域のデータを用いて小領域の画像データセグメント領域毎に逆投影演算処理を実行するようにしたものである。

なお、高速メモリの容量を最大限活用するためには、投影データのビュー方向サイズは画像再構成処理の際に利用可能な高速メモリ容量に応じて決定するようにすれば良い。また、画像再構成処理の複雑さを低減するために画像再構成領域を画像データセグメントに分割する際には同じ大きさの小領域に分割することが好ましい。さらに、一度に扱うデータ処理に必要なメモリ量を低減するため、投影データセグメント領域のビュー方向サイズは1ビューにすることが好ましい。

[0017] 本発明に係る断層撮影装置のもう一つの特徴は、先の特徴を備えた断層撮影装置において、処理手段が、前記逆投影される投影データの検出手段のアドレスを、前記画像データセグメント領域における代表的な複数点の検出手段のアドレスに基づいた補間処理によって近似的に算出することである。これは、画像データセグメント毎の逆投影処理において、抽出された投影データセグメント上の検出手段のアドレスを用いて画像データセグメント領域上の限られた代表的な複数点の検出手段のアドレスを用いて補間処理により算出するようにしたものである。これによって、逆投影処理における検出手段のアドレス算出を高速に行うことができる。

図面の簡単な説明

- [0018] [図1]単一列検出器型X線コンピュータ断層撮影装置(SDCT)と多列検出器型X線コンピュータ断層撮影装置(MDCT)との基本的な構成の違いを説明する図である。
- [図2]単一列検出器型X線コンピュータ断層撮影装置(SDCT)における逆投影画像再構成法の概念を説明する図である。
- [図3]多列検出器型X線コンピュータ断層撮影装置(MDCT)における逆投影画像再構成法の概念を説明する図である。
- [図4]本発明に係る断層撮影装置の一実施の形態である多列検出器型X線コンピュータ断層撮影装置の全体構成を示す図である。
- [図5]本発明断層撮影装置における画像再構成領域の分割例を説明する図である。
- [図6]画像再構成領域を分割して構成された画像データセグメントに対応して切り出される投影データセグメントを説明する図である。
- [図7]画像データセグメントに対応する投影データセグメントの切り出し処理のフローを示す図である。
- [図8]図7におけるステップS86の補間処理の概念を説明する図である。

発明を実施するための最良の形態

- [0019] 以下、添付図面を用いて、本発明に係る断層撮影装置の一実施の形態について詳細に説明する。図4は、本発明に係る断層撮影装置の一実施の形態である多列検出器型X線コンピュータ断層撮影装置の全体構成を示す図である。この多列検出器型X線コンピュータ断層撮影装置のスキヤン方式は、ローテートーローテートー方式(第3世代)であり、この多列検出器型X線コンピュータ断層撮影装置は、大きく分けて、スキヤナ40と、操作ユニット50と、被検体を載せて移動するための寝台60とから構成されている。
- [0020] スキヤナ40は、中央制御装置400、X線制御装置401、高電圧発生装置402、高圧スイッチングユニット403、X線発生装置404、X線検出器405、プリアンプ406、スキヤナ制御装置407、スキヤナー駆動装置408、コリメータ制御装置409、寝台制御装置410、寝台移動計測装置411などで構成されている。操作ユニット50は、表示装置、入力装置、記憶装置などから構成される入出力装置51と、画像再構成演算装

置及び画像処理装置などから構成される演算装置52とで構成される。入力装置は、マウスやキーボードなどで構成され、寝台移動速度情報や画像再構成位置などの計測、画像再構成パラメータを入力するものであり、記憶装置は、これらの情報を記憶するものであり、表示装置は、これらの情報や再構成画像などの各種データを表示するものである。画像再構成演算装置は、多列検出器から得られた投影データを処理するものであり、画像処理装置は、再構成画像などに種々の処理を施して表示するものである。

[0021] 中央制御装置400は、操作ユニット50の入力装置からの撮影条件(寝台移動速度、管電流、管電圧、スライス位置など)や再構成パラメータ(関心領域、再構成画像サイズ、逆投影位相幅、再構成フィルタ関数など)についての指示入力に基づいて、撮影に必要な制御信号をX線制御装置401、寝台制御装置410及びスキャナ制御装置407に送信し、撮影スタート信号を受けて撮影を開始する。撮影が開始されるとX線制御装置401により高電圧発生装置402に制御信号が送られ、高電圧が高圧スイッチングユニット403を介してX線発生装置404に印加され、X線発生装置404から出射したX線は被検体に照射され、その透過光がX線検出器405に入射される。同時に、スキャナ制御装置407からは、スキャナー駆動装置408に制御信号が送られ、X線発生装置404、X線検出器405及プリアンプ406が被検体の周りを周回制御される。

[0022] X線発生装置404から出射されたX線は、コリメータ制御装置409によって制御されるコリメータ412によりその照射領域を制御され、被検体内の各組織で吸収(減衰)され、被検体を透過し、X線検出器405で検出される。X線検出器405で検出されたX線は、そこで電流に変換され、プリアンプ406で増幅され、投影データ信号として操作ユニット50の演算装置52に入力される。演算装置52に入力された投影データ信号は、演算装置52内の画像再構成演算装置で画像再構成処理される。この再構成画像は、入出力装置51内の記憶装置に保存され、入出力装置51の表示装置でCT画像として表示される。

[0023] 図1に示したように、多列検出器型CTでは、単一系列検出器型CTに比べて、検出素子が周回軸方向に複数列並べられ、全体としては、単一系列検出器型CTよりも幅の

広い検出器を実現している。また、単一列検出器型CTでは周回軸に対してX線ビームが直交しているが、多列検出器型CTでは、検出器列のミッドプレーン(中心列)から離れるに従ってX線が周回軸方向に傾斜角(コーン角)を有している。

[0024] 図5は、この実施の形態の断層撮影装置における画像再構成領域の分割例を示す図である。この実施形態では、中央制御装置400内に収められたプログラムにより、三次元の画像再構成領域を $M \times N \times L = P$ 個の画像データセグメント61〜6pに分割する。画像再構成マトリクスが $512 \times 512 \times 512$ である場合、x軸方向の分割数をMとし、y軸方向の分割数をN、Z軸方向の分割数をLとして、以下のように分割数を決定する。

$$M = 2^m \quad m \text{は} 0 \text{以上の整数}$$

$$N = 2^n \quad n \text{は} 0 \text{以上の整数}$$

$$L = 2^l \quad l \text{は} 0 \text{以上の整数}$$

[0025] このように決定することによって、画像再構成の領域をx方向、y方向、z方向に整数の等しい単位サイズに分割することができ、画像データセグメント61〜6p内の各画素にアクセスするための処理ループを画像データセグメント61〜6pで共有できるなど、処理の複雑さを低減することができる。

図6は、画像データセグメントに対応して切り出される投影データセグメントを説明する図である。本発明の一実施の形態に係る逆投影処理では、先ず演算装置52に入力された投影データを、演算装置52内の画像再構成演算装置内に収められているプログラムにより、画像データセグメント61〜63それぞれを再構成するために必要な小さな大きさの投影データセグメント71〜73を分割して抽出し、それを高速メモリ内に読み込み、あるいは記憶する。そして、演算装置52内の画像再構成演算装置内に収められている別のプログラムにより、高速メモリ内に記憶されている投影データセグメント71〜73に基づき、逆投影処理する。なお、ここでは、簡単のために投影データ領域を矩形で抽出しているが、ひし形や平行四辺形などの多角形で抽出してもよい。

[0026] 図7は、画像データセグメントに対応する投影データセグメントの抽出処理のフローを示す図である。

ステップS81のcalc_address () では、2次元画像データセグメント61における隅の4点(p(x1,y1),p(x2,y2),p(x3,y3),p(x4,y4))に対応する投影データセグメント71の検出器アドレス(rw1,ch1),(rw2,ch2),(rw3,ch3),(rw4,ch4)(隅の4点を通るX線の検出器上でのアドレス)をそれぞれ演算装置52内の画像再構成演算装置内に収められているプログラムにより算出する。また、3次元画像セグメントの場合には、隅の8点(p(x1,y1,z1),p(x2,y2,z2),...,p(x8,y8,z8))に対応する投影データセグメントの検出器アドレス(rw1,ch1),..., (rw8,ch8)をそれぞれ算出する。この算出には、例えば、前述の式(1)〜式(6)を用いてもよい。

[0027] ステップS82のcalc_maxmin4 ()では、ステップS81で算出した4つの検出器アドレスの中の最大値及び最小値(max_rw, max_ch, min_rw, min_ch)をそれぞれ算出する。この値は、前記検出器アドレス(rw1,ch1),(rw2,ch2),(rw3,ch3),(rw4,ch4)・・・の値を単純に比較することによって算出可能である。

[0028] ステップS83の calc_cut_size ()では、ステップS82で算出された検出器のアドレスに基づいて、図6に示すような投影データセグメント71の列方向及びチャンネル方向のサイズ(rw_size, ch_size)を算出する。このサイズは、ステップS82における検出器アドレスの最大値及び最小値(max_rw, max_ch, min_rw, min_ch)

を次式

$$rw_size = max_rw - min_rw$$

$$ch_size = max_ch - min_ch$$

に代入することによって算出される。

[0029] ステップS84のcalc_base_address ()では、図6に示す投影データセグメント71の投影データ上の基準アドレス(rw_base, ch_base)を算出する。このアドレスは、ステップS82における検出器アドレスの最大値及び最小値

(max_rw, max_ch, min_rw, min_cch)を次式

$$rw_base = min_rw$$

$$ch_base = min_ch$$

に代入することによって算出される。

[0030] ステップS85のcut_data ()では、投影データセグメント71のサイズ(rw_size, ch_size

)及び基準アドレス(rw_base,ch_base)に基づき投影データから投影データセグメント71を抽出する。ここでは、ステップS83で、投影データセグメントのサイズを算出したが、投影データセグメントを格納するのに十分であるところの予め決めた固定サイズを使用しても構わない。

[0031] ステップS86のcalc_interpolation_data () では、画像データセグメント61内の全てではない限られた複数点の検出器アドレスから画像データセグメント内の再構成点の検出器アドレスを算出する。図8は、ステップS86の処理の概念を示す図である。図8に示すように、短形に分割された画像データセグメント61における隅の4点(p(x1,y1), p(x2,y2), p(x3,y3), p(x4,y4))に対応する検出器アドレスに基づいて、演算装置52内の画像再構成演算装置内に収められているプログラムにより線形補間処理によって再構成画素点p(x5,y5)の検出器アドレスを算出する。具体的には、隅の4点(p(x1,y1), p(x2,y2), p(x3,y3), p(x4,y4))に対応する検出器アドレスを(rw1,ch1), (rw2,ch2), (rw3,ch3), (rw4,ch4)とし、再構成点の検出器アドレスを(rw5,ch5)とした場合、それぞれに補間係数を乗算し、加算することで

$$rw5 = \text{coeff1} * rw1 + \text{coeff2} * rw2 + \text{coeff3} * rw3 + \text{coeff4} * rw4$$

$$ch5 = \text{coeff1} * ch1 + \text{coeff2} * ch2 + \text{coeff3} * ch3 + \text{coeff4} * ch4$$

として求められる。

[0032] ただし、coeff1,coeff2,coeff3,coeff4は補間係数であり、ラグランジュ補間の場合は以下のように示される。

$$\begin{aligned} \text{coeff1} &= ((x5-x2) * (x5-x3) * (x5-x4)) / ((x1-x2) * (x1-x3) * (x1-x4)) * \\ &\quad ((y5-y2) * (y5-y3) * (y5-y4)) / ((y1-y2) * (y1-y3) * (y1-y4)) \\ \text{coeff2} &= ((x5-x1) * (x5-x3) * (x5-x4)) / ((x2-x1) * (x2-x3) * (x2-x4)) * \\ &\quad ((y5-y1) * (y5-y3) * (y5-y4)) / ((y2-y1) * (y2-y3) * (y2-y4)) \\ \text{coeff3} &= ((x5-x1) * (x5-x2) * (x5-x4)) / ((x3-x1) * (x3-x2) * (x3-x4)) * \\ &\quad ((y5-y1) * (y5-y2) * (y5-y4)) / ((y3-y1) * (y3-y2) * (y3-y4)) \\ \text{coeff4} &= ((x5-x1) * (x5-x2) * (x5-x3)) / ((x4-x1) * (x4-x2) * (x4-x3)) * \\ &\quad ((y5-y1) * (y5-y2) * (y5-y3)) / ((y4-y1) * (y4-y2) * (y4-y3)) \end{aligned}$$

ここでは、隅の4点を用いているがこれに限定はされない。また、上下左右の6点か

ら6点補間してもよい。さらに、このような補間で算出する検出器アドレスは演算の複雑な列位置のみであっても構わない。ステップS86の画像データセグメント内の再構成点の検出器アドレスの算出が終了したら、次の画像データセグメント62及び投影データセグメント72についても同様の処理を実行する。このときに、画像データセグメント61における2点の $p(x_2, y_2)$, $p(x_3, y_3)$, 及び投影データセグメント71の検出器アドレス (rw_2, ch_2) , (rw_3, ch_3) などは共有することができるので、処理の複雑さやメモリ容量を低減することができる。以上、説明を簡単にするため主として二次元画像データを使って説明したが、三次元画像データの場合にも、同様な手順が適用される。

[0033] 以上本発明の実施例について詳細に説明したが、これらは説明及び例示のみを意図したものであって、本発明はこれらに限定されるものではない。

また、本実施の形態では、X線を用いた断層撮影装置を例に説明したが、これに限定されず、中性子線や陽電子やガンマ線や光を用いた断層撮影装置にも適用可能である。

[0034] また、スキャン方式も第1世代、第2世代、第3世代、第4世代といずれかの方式に限定されるものではなく、X線源を複数搭載した多管球CTやカソードスキャンCTや電子ビームCTに対しても使用することが可能である。また、検出器形状もX線源を中心とした円筒表面に配置された検出器、平面検出器、X線源を中心とした球面上に配置された検出器、周回軸を中心とした円筒表面に配置された検出器などいずれの検出器にも適応することが可能である。また、本発明は、螺旋軌道スキャンに限定されず、円軌道スキャンにも適用することが可能である。また、本発明では、画像再構成領域をx方向、y方向に同一数に分割したが、これに限定されず、x方向、y方向で異なる数に分割することができる。また、画像再構成領域をx,y,z空間にて短形に分割したが、三角形や8角形などの多角形に分割してもよく、画像再構成領域を極座標上で分割してもよい。

[0035] さらにまた、 $M \times N \times L = P$ 個の画像データセグメントに分割する分割については、外部より入出力装置51を介して入力可能にする手段を備え入力可能としても良い。また、演算装置52に入力された投影データは、分割された画像データセグメント領域とともに入出力装置51の表示装置に表示可能とする手段を備え表示可能としても

良い。より具体的には、横たわらせた被検体の正面および／または側面からの投影像を前記投影データを繋ぎ合わせるによりスキノグラムとして表示し、そのスキノグラム上に、三次元の画像再構成領域を設定し、その設定された三次元画像再構成領域をどのように画像データセグメントに分割するかを、長方形や正方形で表わされた三次元画像再構成領域内に分割線を引く等により表示できるようにすれば良い。また、表示されたスキノグラム上より任意の画像データセグメント領域を外部より入出力装置を介して選択可能とする手段を備え選択可能としても良い。

請求の範囲

- [1] 被検体に照射され前記被検体より透過したX線を、複数の検出素子を二次元的に配列して構成された検出手段で検出し、投影データとして生成する手段と、前記生成された投影データを記憶する投影データ記憶手段と、前記被検体の関心領域に対応する所定の大きさの画像再構成領域を任意の大きさの画像データセグメント領域に分割する手段と、前記投影データより前記分割された画像データセグメント領域について画像再構成演算手段によって画像再構成演算を実行し、その三次元断層撮影像を作成する断層撮影装置において、
- 前記画像再構成演算手段は、前記画像データセグメント領域の三次元断層撮影像を作成するために必要な投影データセグメント領域を前記投影データより抽出する抽出手段と、前記抽出された投影データセグメント領域を記憶する投影データセグメント領域記憶手段と、前記投影データセグメント領域記憶手段に記憶された投影データセグメント領域を逐次読み出して対応する前記各画像データセグメント領域毎に三次元逆投影処理をする三次元逆投影処理手段を備えたことを特徴とする断層投影装置。
- [2] 前記投影データセグメント領域記憶手段は、前記投影データ記憶手段より高速であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の断層投影装置。
- [3] 前記抽出手段は、前記分割された領域の代表点を通る前記X線の前記検出手段上でのアドレスを所定のアドレッシング式に基づいて算出する手段と、前記代表点について算出した位置を基に、前記代表点以外の点を通る前記透過線の前記検出手段上での位置を補間により求める手段を備えていることを特徴とする請求の範囲第1および第2項に記載の断層投影装置。
- [4] 前記三次元逆投影処理手段による三次元逆投影処理は、前記抽出された投影データセグメント領域のデータを順次前記投影データセグメント領域記憶手段に格納することにより実行されることを特徴とする請求の範囲第1から第3項に記載の断層投影装置。
- [5] 前記抽出手段は、前記画像データセグメント領域の隅の点を通る前記透過線の前記検出手段上でのアドレスを、前記所定のアドレッシング式に基づき複数の隅の点

について算出する手段と、前記複数の偶の点について算出された前記検出手段上でのアドレスの前記検出手段のチャンネル方向及び列方向への最大値および最小値を算出する手段と、前記算出された最大値および最小値より、前記投影データセグメントのサイズを算出する手段と、前記算出された最大値および最小値より、前記投影データセグメントの基準となる基準アドレスを算出する手段を備え、それらにより前記投影データセグメント領域の抽出を行うことを特徴とする請求の範囲第3項に記載の断層投影装置。

- [6] 被検体に照射され前記被検体より透過したX線を、複数の検出素子を二次元的に配列して構成された検出手段で検出し、投影データとして生成する手段と、前記生成された投影データを記憶する投影データ記憶手段と、前記被検体の関心領域に対応する画像再構成領域を任意の大きさの画像データセグメント領域に分割する分割手段と、前記投影データより前記分割された画像データセグメント領域について画像再構成演算手段によって画像再構成演算を実行し、その三次元断層撮影像を作成する断層撮影装置において、

前記分割手段で分割する画像再構成領域の大きさを外部より入力する入力手段と、前記投影データを前記分割された画像データセグメント領域の位置とともに表示する表示手段と、前記画像データセグメント領域の位置とともに表示された前記投影データより、任意の画像データセグメント領域を外部より選択する選択手段を備え、前記画像再構成演算手段は、前記選択された画像データセグメント領域の三次元断層撮影像を作成するために必要な投影データセグメント領域を前記投影データより抽出する抽出手段と、前記抽出された投影データセグメント領域を記憶する投影データセグメント領域記憶手段と、前記投影データセグメント領域記憶手段に記憶された投影データセグメント領域を逐次読み出して対応する前記各画像データセグメント領域毎に三次元投影処理をする三次元逆投影処理手段を備えたことを特徴とする断層撮影装置。

- [7] 被検体に照射され前記被検体より透過したX線を、複数の検出素子を二次元的に配列して構成された検出手段で検出し、投影データとして生成する工程と、
前記生成された投影データを投影データ記憶手段に記憶する工程と、

前記被検体の関心領域に対応する画像再構成領域を任意の大きさの画像データセグメント領域に分割する工程と、

前記投影データより前記分割された画像データセグメント領域について画像再構成演算手段によって画像再構成演算を実行し、その三次元断層撮影像を作成する工程を有した断層撮影方法において、

前記分割する工程で分割する画像再構成領域の大きさを外部より入力する工程と

、
前記投影データを前記分割された画像データセグメント領域の位置とともに表示する工程と、

前記画像データセグメント領域の位置とともに表示された前記投影データより、任意の画像データセグメント領域を外部より選択する工程と、

前記画像再構成演算手段により、前記選択された画像データセグメント領域の三次元断層撮影像を作成するために必要な投影データセグメント領域を前記投影データより抽出する工程と、

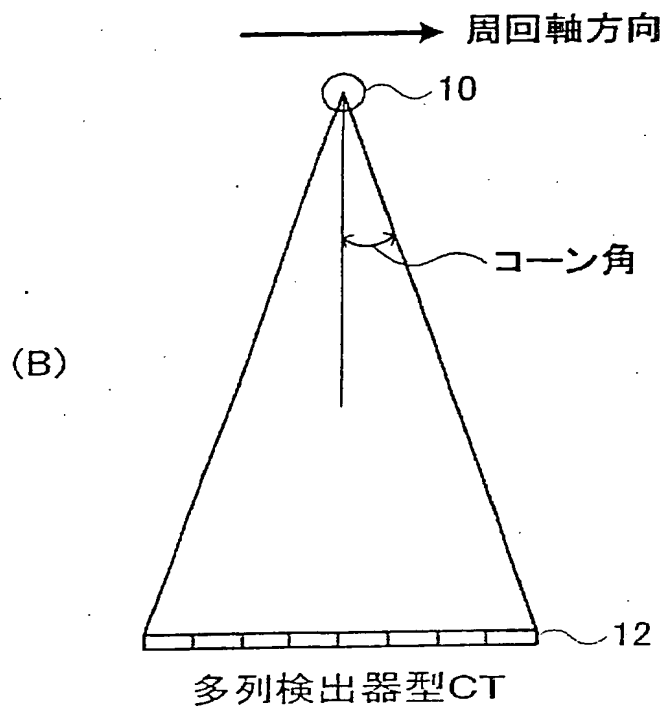
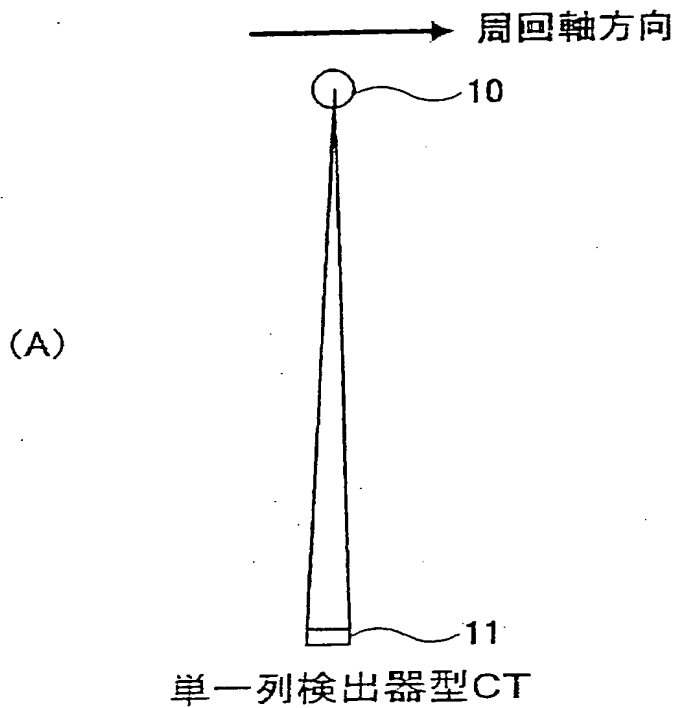
前記抽出された投影データセグメント領域を投影データセグメント領域記憶手段に記憶する工程と、前記投影データセグメント領域記憶手段に記憶された投影データセグメント領域毎に三次元逆投影処理をする工程とを有したことを特徴とする断層撮影方法。

- [8] 被検体を透過した透過線を複数の検出素子を二次元的に配列して構成した検出手段で検出し、検出された投影データに基づいて被検体の関心領域に対応する画像再構成領域について画像再構成演算手段によって画像再構成演算を実行し、被検体の関心領域の三次元断層撮影像を作成する断層撮影装置において、上記画像再構成演算手段は、上記画像再構成領域を複数の画像データセグメント領域に分割し、さらに上記検出手段で検出された投影データの中から分割された上記各画像データセグメント領域に向けて逆投影するために必要な投影データセグメント領域を切り出し、切り出した上記各投影データセグメント領域のデータを用いて対応する上記各画像データセグメント領域毎に三次元逆投影処理を実行する処理手段を備えたことを特徴とする断層撮影装置。

- [9] 上記処理手段は、上記各投影データセグメント領域から対応する上記各画像データセグメント領域に逆投影される投影データの検出手段のアドレスを上記各画像データセグメント領域における代表的な複数の再構成点については所定のアドレッシング式に基づいて算出し、残りの再構成点については算出された代表的な複数の再構成点の検出手段のアドレスに基づいて補間処理によって近似的に算出することを特徴とする請求の範囲第8項に記載の断層撮影装置。
- [10] 上記処理手段によって実行される上記各画像データセグメント領域毎の三次元逆投影処理は各画像データセグメント領域のデータ及び切り出された対応する投影データセグメント領域のデータを上記画像再構成演算手段の高速メモリに順次格納して実行されることを特徴とする請求の範囲第8項に記載の断層撮影装置。
- [11] 上記処理手段による上記各画像データセグメント領域に対応する投影データセグメントの切り出しは、所定のアドレッシング式に基づく各画像データセグメント領域の隅の点に対応する投影データの検出手段アドレスの算出、算出された検出手段アドレス中の最大値、最小値の算出、及び、算出した検出手段アドレスの最大値、最小値からの投影データセグメントのサイズ及びその投影データセグメント上の基準アドレスの算出結果に基づいて実行されることを特徴とする請求の範囲第8項に記載の断層撮影装置。

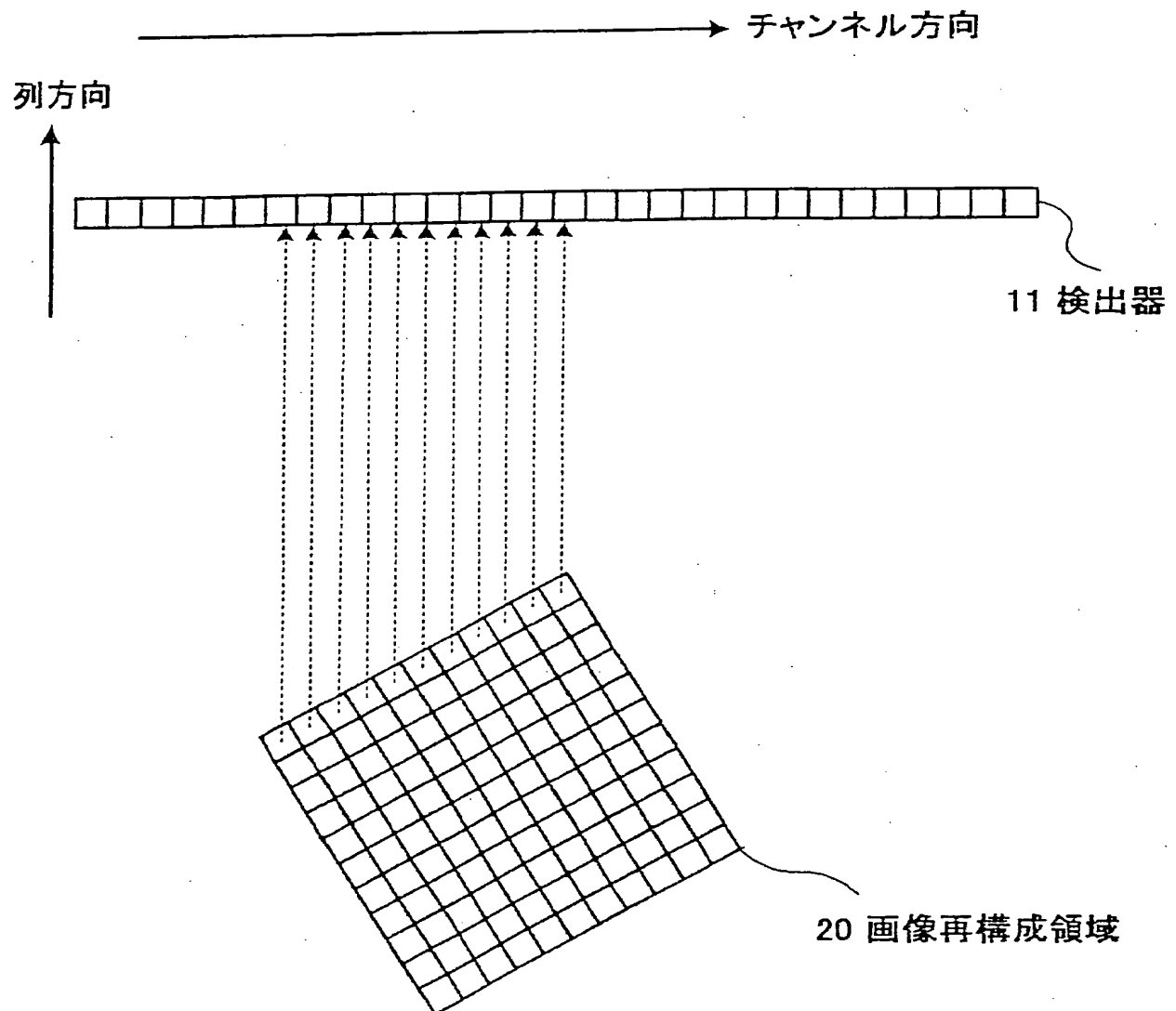
[図1]

図 1



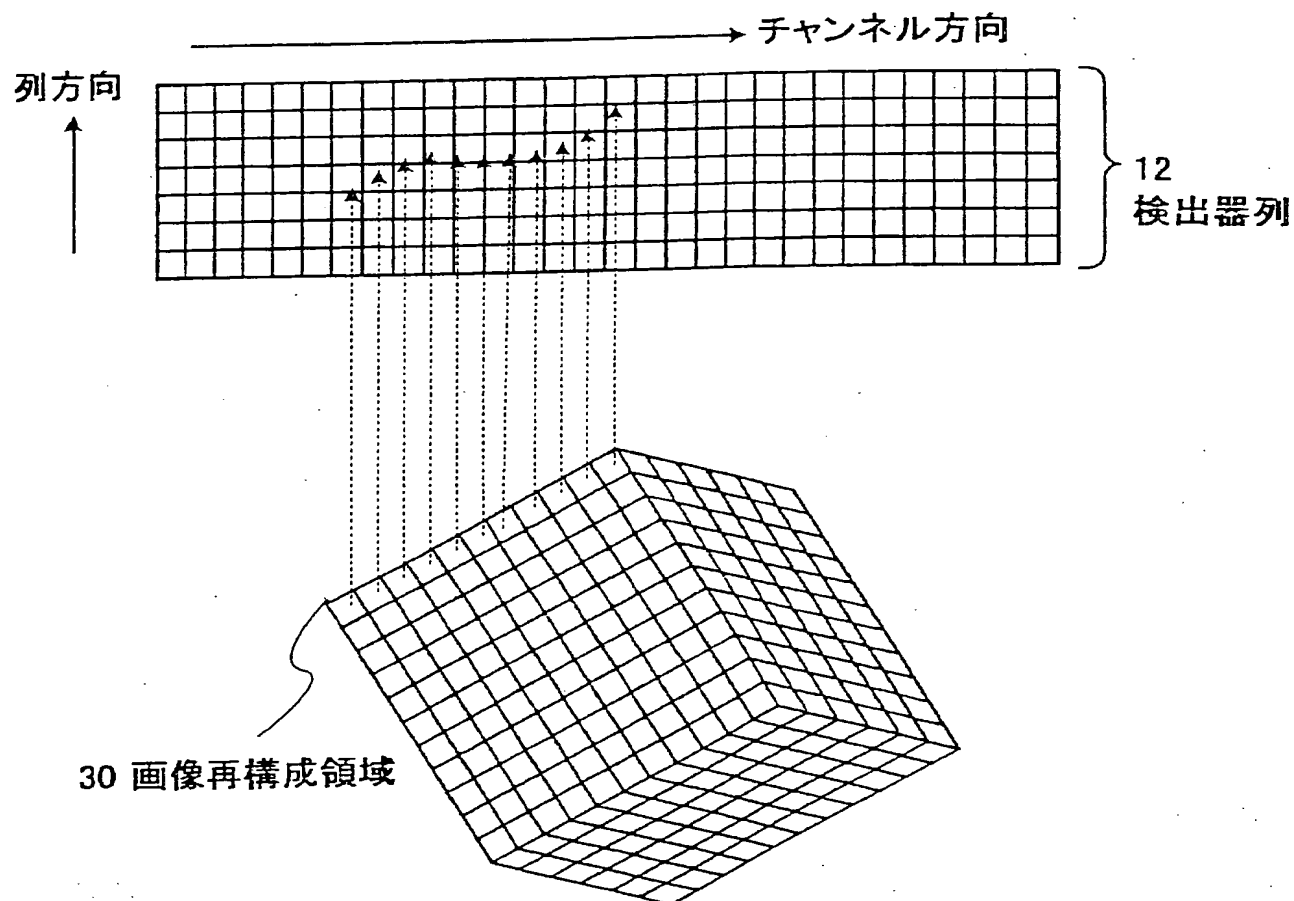
[図2]

図2

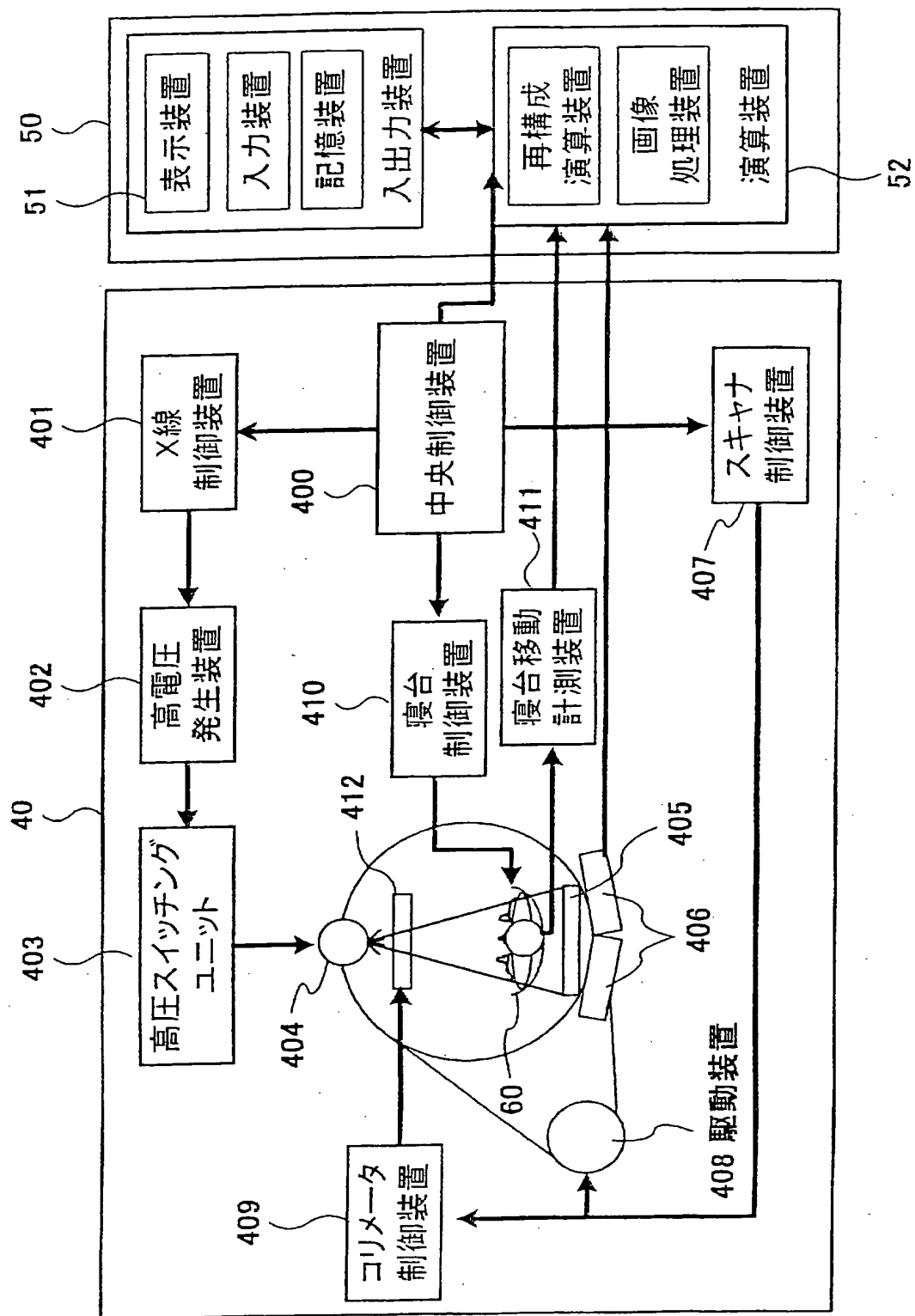


[図3]

図3

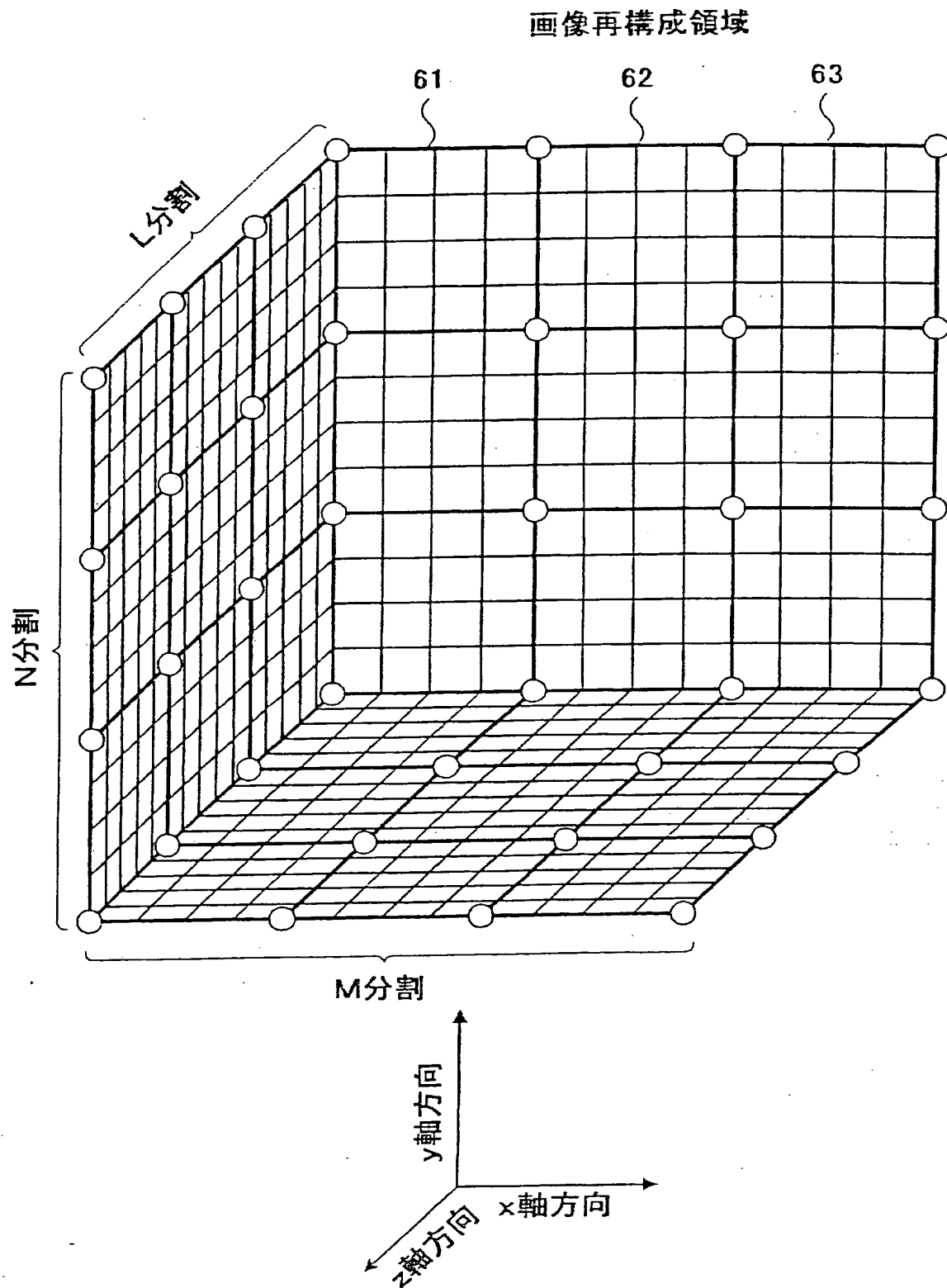


[図4]



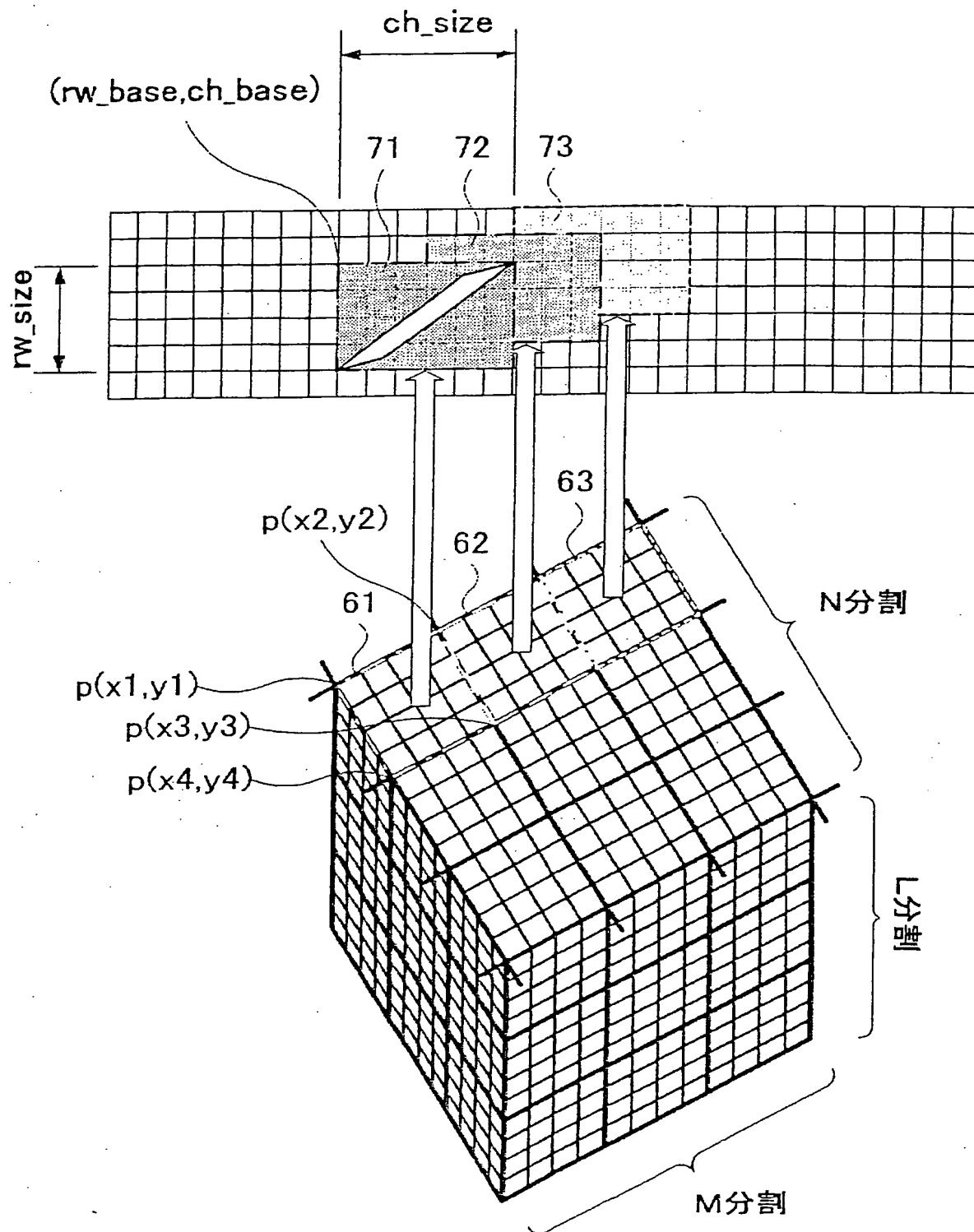
[図5]

図5



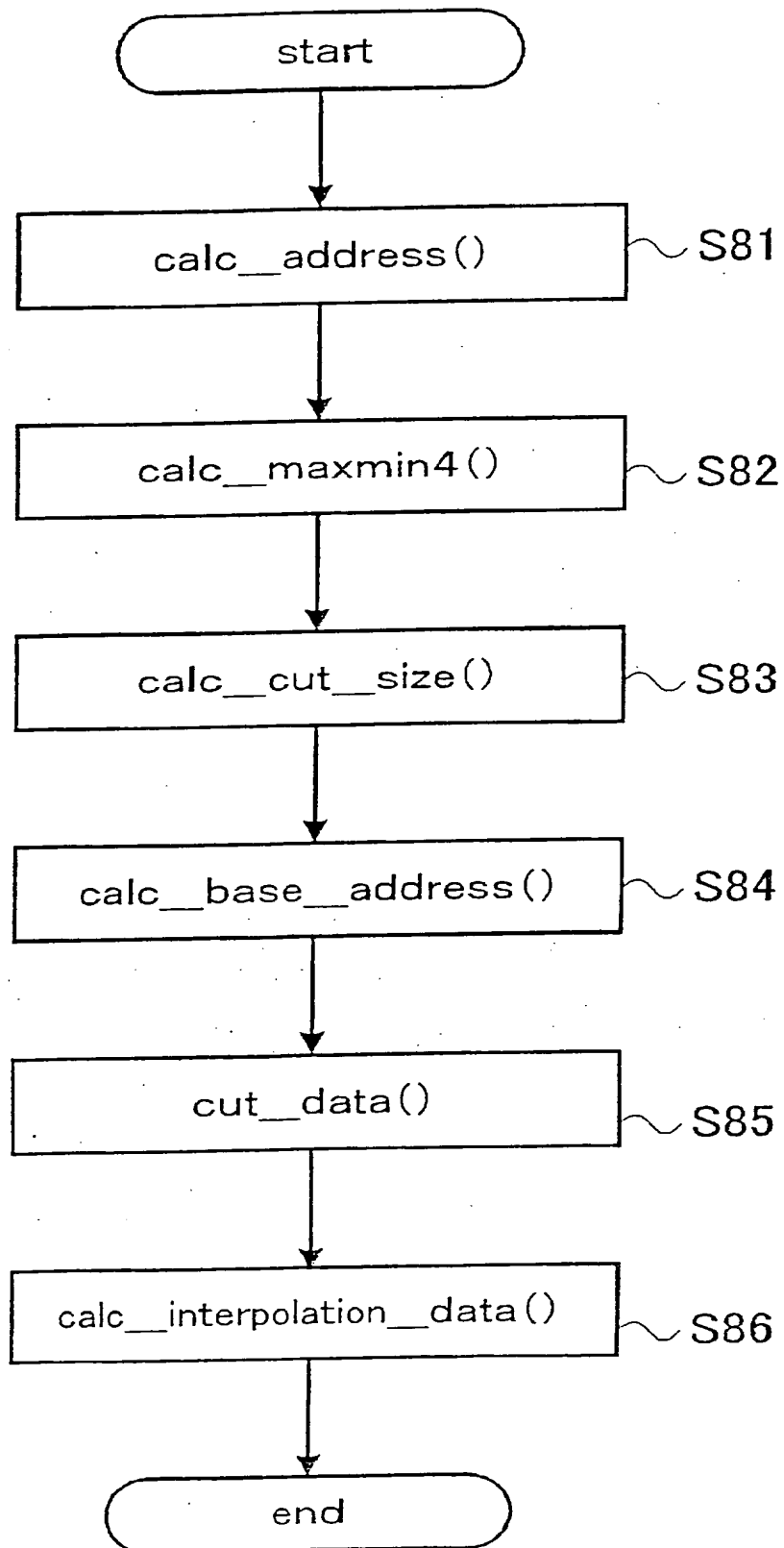
[図6]

図6



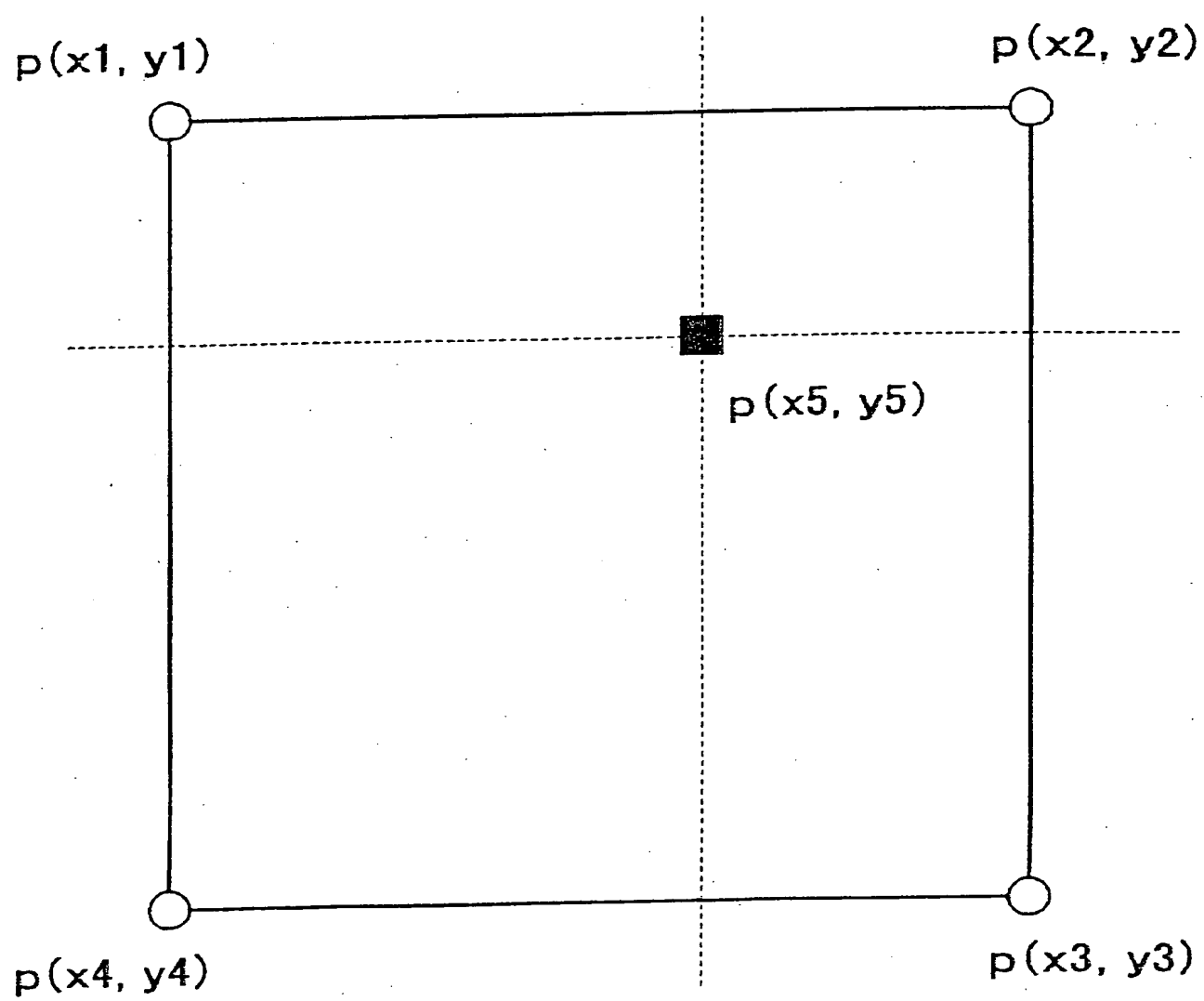
[図7]

図7



[図8]

図8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/000697

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl.⁷ A61B6/03

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int. Cl.⁷ A61B6/00-6/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-24326 A (Shimadzu Corp.), 28 January, 2003 (28.01.03), Full text; Figs. 1 to 14 & CN 1397255 A & EP 1276075 A2 & US 2003/016791 A1	1-11
A	JP 10-80419 A (Toshiba Corp.), 31 March, 1998 (31.03.98), Full text; Figs. 1 to 43 (Family: none)	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
-A- document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
-E- earlier application or patent but published on or after the international filing date
-L- document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
-O- document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
-P- document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

-T- later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
-X- document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
-Y- document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
-&- document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 February, 2005 (18.02.05)

Date of mailing of the international search report
08 March, 2005 (08.03.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. A61B6/03

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. A61B6/00-6/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2003-24326 A (株式会社島津製作所) 2003. 01. 28 全文、第1-14図 & CN 1397255 A & EP 1276075 A2 & US 2003/016791 A1	1-11
A	JP 10-80419 A (株式会社東芝) 1998. 03. 31 全文、第1-43図 (ファミリーなし)	1-11

☐ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

18. 02. 2005

国際調査報告の発送日

03. 3. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号 100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

安田 明央

2W

9309

電話番号 03-3581-1101 内線 3290